



UNIVERSIDADE  
DE ÉVORA

## **FISIOLOGIA DIGESTIVA: POLIGÁSTRICOS**

Texto de apoio para a Unidade  
Curricular de Anatomia e Fisiologia  
Animais II - CTA.

**(Para uso exclusivo dos alunos)**

**J. M. Martins**

## **Índice:**

|   |           |
|---|-----------|
| <b>FISIOLOGIA DA DIGESTÃO: POLIGÁSTRICOS OU RUMINANTES</b>        | <b>1</b>  |
| <b>1. DIGESTÃO MECÂNICA DOS ALIMENTOS</b>                         | <b>1</b>  |
| <b>2. DIGESTÃO BIOLÓGICA DOS ALIMENTOS</b>                        | <b>3</b>  |
| <b>3. DIGESTÃO QUÍMICA DOS ALIMENTOS</b>                          | <b>8</b>  |
| <b>4. DIGESTÃO BIOLÓGICA DOS ALIMENTOS (2º local de digestão)</b> | <b>10</b> |
| <b>BIBLIOGRAFIA</b>   | <b>11</b> |

# FISIOLOGIA DA DIGESTÃO: POLIGÁSTRICOS OU RUMINANTES

*Nos ruminantes, a decomposição dos ALIMENTOS em NUTRIENTES, posteriormente absorvidos ao nível das mucosas do trato digestivo, é feita por três processos complementares:*

- 1) PROCESSOS MECÂNICOS;
- 2) PROCESSOS BIOLÓGICOS ou MICROBIANOS;
- 3) PROCESSOS QUÍMICOS ou ENZIMÁTICOS.

## 1. DIGESTÃO MECÂNICA DOS ALIMENTOS

### ↳ TRITURAÇÃO

- a) Mastigação rápida (70 a 90 movimentos/minuto - bovinos)  
(125 a 150 mov/min - ovinos e caprinos)

→ Os alimentos, pouco divididos, acumulam-se no rúmen, juntamente com a água bebida e a saliva.

- b) Ruminação (4 a 10 h/dia, em 6 a 8 períodos de 40 a 50 min cada)

- i) *Regurgitação*★ dum bolo alimentar;  
ii) *Deglutição da porção líquida e expulsão dos gases* produzidos no processo fermentativo;  
iii) *Remastigação* do bolo alimentar regurgitado a um ritmo mais lento que o da primeira mastigação (50 a 60 mov/min);  
iv) *Deglutição* do bolo alimentar remastigado, que regressa ao rúmen.

★ O estímulo inicial para desencadear o processo de regurgitação e de ruminação, é fornecido pela acção dos ALIMENTOS GROSSEIROS AO NÍVEL DA GOTEIRA ESOFÁGICA E DO CÁRDIA.

A RUMINAÇÃO É UM PROCESSO SEMI-REFLEXO/SEMI-VOLUNTÁRIO QUE, PARA SE VERIFICAR, NECESSITA DA ACÇÃO COORDENADA DOS MÚSCULOS LIGADOS AOS MOVIMENTOS RESPIRATÓRIOS, DOS MÚSCULOS ABDOMINAIS, DOS MÚSCULOS DO ESÓFAGO E DOS

## MÚSCULOS LIGADOS À MOTRICIDADE DOS COMPARTIMENTOS GÁSTRICOS.

### Para que se desencadeie o processo de RUMINAÇÃO:

- ☑ O retículo-rúmen tem de se encontrar **suficientemente cheio**. Se estiver totalmente cheio, a produção e acumulação excessiva de gás vai inibir a ruminação;
- ☑ A dieta deve conter **alimentos grosseiros**;
- ☑ Os alimentos devem encontrar-se num **meio suficientemente líquido**. Uma insalivação fraca inibe a ruminação;
- ☑ Os animais devem encontrar-se em **repouso** e em **bom estado sanitário**.

**A duração total dos processos de mastigação** (primeira mastigação e ruminação) **depende do teor em fibra dos alimentos.**

## ↪ ENSALIVAÇÃO

A secreção de saliva nos ruminantes é **muito desenvolvida e contínua** → 100 a 200 L/dia em bovinos; ~10 L/dia em ovinos.

↓  
( 1 Kg/h entre as refeições  
5 Kg durante a ingestão de alimento  
Muito mais durante a ruminação )

### PROPRIEDADES E COMPOSIÇÃO DA SALIVA

☞ A saliva dos ruminantes actua como **solução tampão** e não tem enzimas (amilase ou ptialina) como a do Homem e dos suínos

- ♦ Líquido **incolor, inodoro e insípido**;
- ♦ pH entre **8.2 e 8.4**;
- ♦ **99 a 99.5%** de água;
- ♦ **Compostos inorgânicos**: fosfatos de sódio e potássio, bicarbonatos e sais básicos que ajudam a neutralizar os ácidos produzidos pela fermentação ruminal;
- ♦ **Compostos orgânicos**: Elevado conteúdo em ureia (10 a 35 mg/cc), proteínas, mucina

Quando se detecta uma **pequena produção de saliva** durante a ingestão alimentar, nomeadamente durante a ingestão de alimentos pobres em fibra ou muito fraccionados, pode aparecer uma situação patológica, a **meteorização** - acumulação excessiva de gases ( $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ ) no rúmen.

## ↪ **HOMOGENIZAÇÃO RUMINAL**

*Os alimentos, líquidos e sólidos, após a primeira mastigação ou após a ruminação, **caem no rúmen**\* onde, através dos movimentos das paredes ruminais, são **homogeneizados com o líquido ruminal**.*

**Reflexo da  
goteira esofágica**

*\*Excepções:*

vitelos até às 4 semanas de vida (leite e água);  
bezerros em aleitamento (só o leite);  
animal adulto em sede pronunciada;  
animal adulto ingerindo soluções salinas.

O tempo de permanência de um alimento grosseiro no rúmen varia: pode ir de cerca de 1.5 dias para uma pastagem jovem a cerca de 5 (ou mais) dias para a palha.

## 2. DIGESTÃO BIOLÓGICA DOS ALIMENTOS

A digestão biológica ou microbiana é uma característica dos herbívoros (mono e poligástricos) e realiza-se no retículo-rúmen (poligástricos) e no ceco (mono e poligástricos).

Os microorganismos responsáveis pela digestão biológica dos alimentos encontram-se no retículo-rúmen (que não é mais que uma cuba de fermentação) e no ceco (IG).

### CARACTERÍSTICAS DO MEIO RUMINAL

- ✓ **temperatura elevada** (39 a 40°C);
- ✓ **meio anaeróbio** (60-70% CO<sub>2</sub> e 25-35% CH<sub>4</sub>);
- ✓ **pH relativamente constante** (6 a 7);

→ Os AGV são neutralizados pelos sais básicos salivares e pelo NH<sub>3</sub> obtido através da digestão microbiana dos compostos azotados.

- ✓ **homogeneização permanente do conteúdo;**
- ✓ **entrada regular de forragens/grosseiros;**
- ✓ **presença da flora e fauna ruminal** em simbiose com o ruminante:

- **Protozoários ciliados** (20 a 200µ)
  - 10<sup>4</sup> a 10<sup>6</sup> por mL de líquido ruminal
  - Alimentam-se de bactérias e glúcidos e prótidos alimentares
  - Começam a desaparecer a pH < 5.5
- **Bactérias** (< 1µ)
  - 10<sup>10</sup> a 10<sup>11</sup> por mL de líquido ruminal
  - *Prevotella*, *Fibrobacter*, *Ruminococcus*, *Streptococcus*, *Ruminobacter*, *Clostridium* ...
  - Produtoras de enzimas amilolíticos, celolíticos, lipolíticos e proteolíticos
  - Bactérias produtoras das vitaminas do grupo B
- **Fungos e leveduras**
  - 10<sup>6</sup> a 10<sup>8</sup> por mL de líquido ruminal

## PRINCIPAIS ATIVIDADES DOS MICROORGANISMOS RUMINAIS

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| <b>ATIVIDADE HIDROLÍTICA</b>   | <p><b>Hidrólise dos alimentos</b> com recurso à produção de <b>enzimas amilolíticas, celulolíticas, lipolíticas e proteolíticas</b></p> <p>↘ Os produtos finais resultantes desta atividade são principalmente <b>oses</b> (C<sub>5</sub> e C<sub>6</sub>), <b>amoníaco</b> (NH<sub>3</sub>), <b>ácidos gordos, glicerol e minerais</b></p>               |
| <b>ATIVIDADE FERMENTATIVA</b>  | <p>Atividade realizada no <b>meio anaeróbio ruminal</b>, a partir dos produtos resultantes da hidrólise dos alimentos</p> <p>↘ Os produtos finais resultantes desta atividade são essencialmente <b>energia</b> (ATP e calor), <b>gases</b> perdidos por eructação e <b>ácidos gordos voláteis</b> (AGV), produtos terminais da fermentação anaeróbia</p> |
| <b>ATIVIDADE SINTETIZADORA</b> | <p>Desta atividade, resultam a <b>biomassa constituinte dos microorganismos</b>, os seus <b>poli-holósidos de reserva</b> (o "amido" dos microorganismos) e <b>vitaminas do grupo B</b>.</p>  |

Nos ruminantes, a digestão biológica ou microbiana realiza-se primeiramente no retículo-rúmen, através da atividade das enzimas dos microorganismos ruminais.

|                |  | GLÚCIDOS  | LÍPIDOS  | SUBST. AZOTADAS  | Substâncias absorvidas  |
|----------------|--|---|--|--|---|
| Retículo-rúmen | <b>Enzimas microbianas</b><br>celulasas e hemicelulasas<br>amilases e oligoglucosidases<br>sacarases, lactases e maltases<br>lipases e fosfolipases<br>proteinases, polipeptidases<br>e peptidases | GLÚCIDOS SOLÚVEIS<br>AMIDO<br>CELULOSE e<br>HEMICELULOSES<br>↓<br>Algumas celulosas e hemicelulosas<br>Algumas hexoses, dextrina e amido<br>↓<br>Ácidos gordos voláteis (AGV)<br>+<br>Energia e gases | TRIACILGLICERÓIS<br>↓<br>Monoacilgliceróis, ácidos gordos (AG) e glicerol<br>↓<br>Biomassa microbiana<br>↓<br>FOSFOLÍPIDOS<br>↓<br>Glicero-fosfato<br>Colina<br>↓<br>Biomassa microbiana | PROTEÍNAS<br>POLIPEPTÍDEOS<br>SUBST. AZOTADAS NÃO PROTÍDICAS<br>↓<br>AMINOÁCIDOS (Aa)<br>↓<br>Amoníaco (NH <sub>3</sub> )<br>↓<br>Aa microbianos<br>↓<br>Biomassa microbiana | H <sub>2</sub> O<br>Iões (Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , Cl <sup>-</sup> ...)<br>Pequenas quantidades de glucose<br>AGV<br>NH <sub>3</sub> em excesso |
|                |  |   |  |  |   |



A **simbiose ruminante - microorganismos** permite ao animal:

- ⇒ **Utilizar os AGV** (ácido acético, ácido propiónico e ácido butírico) absorvidos no rúmen, como **substrato energético**;
- ⇒ **Beneficiar da síntese das vitaminas do grupo B**;
- ⇒ **Digerir a biomassa microbiana**, rica em proteína e veiculando praticamente todos os aminoácidos essenciais ao organismo animal.



Toda a modificação alimentar brusca altera o ambiente ruminal, afetando assim as condições de vida dos microorganismos. Isto pode repercutir-se na sua capacidade de sobrevivência e portanto, na saúde do ruminante, com o qual estes microorganismos se encontram em simbiose;



Assim, **toda a mudança de regime alimentar nos ruminantes deve ser progressiva.**

### 3. DIGESTÃO QUÍMICA DOS ALIMENTOS

A digestão química ou enzimática dos alimentos realiza-se em meio gástrico (nos ruminantes, no abomaso, um meio ácido) e em meio intestinal (meio alcalino).

#### • DIGESTÃO GÁSTRICA

|                |  | GLÚCIDOS   | LÍPIDOS   | SUBST. AZOTADAS   | Substâncias absorvidas <sup>①</sup>   |
|----------------|--|--|---|---|---|
| <b>Abomaso</b> | <b>Suco gástrico</b><br>[lipase gástrica]<br>HCl*<br>pepsinogénio* → pepsina<br>(renina → coagulação leite)<br>muco, H <sub>2</sub> O, aniões, catiões | <b>Algum amido alimentar não digerido pelos microrganismos (Mo)</b><br><br><b>GLÚCIDOS MICROBIANOS</b> | <b>COLESTEROL</b><br><b>Triacilgliceróis</b><br><b>Fosfolípidos</b><br><br><b>LÍPIDOS MICROBIANOS</b> | <b>Polipeptídeos alimentares não digeridos pelos Mo</b><br><br><b>PROTEÍNA MICROBIANA</b> | <b>Substâncias absorvidas<sup>①</sup></b><br><br><i>AGV não absorvidos no rúmen (10 a 30%)</i><br><br><i>H<sub>2</sub>O</i> |

① Substâncias absorvidas ao nível da mucosa do omaso e abomaso.

• **DIGESTÃO INTESITAL**<sup>(a)</sup>

|                          |  |   |  | <b>Bílis</b><br>Sais biliares<br>Colesterol<br>Iões bicarbonato  |
|--------------------------|--|---|--|--|
| <b>Intestino delgado</b> | GLÚCIDOS   | LÍPIDOS   | SUBS. AZOTADAS   | Substâncias absorvidas   |
|                          | <p><b>Algum Amido (e glicogénio)</b><br/> <i>Dextrinas</i><br/> <i>Sacarose, lactose e maltose</i><br/> <b>Glucose</b></p> <p>↓</p> <p><b>Algumas dextrinas</b><br/> <i>Sacarose, lactose e maltose</i><br/> <b>Glucose</b></p> <p>↓</p> <p><b>Glucose, galactose, frutose e manose</b><br/> <i>Xilose</i></p> <p><b>Glúcidos de origem microbiana</b></p> | <p><i>Triacilgliceróis</i><br/> ↓<br/> <i>Monoacilgliceróis</i><br/> <b>AG e glicerol</b><br/> <i>Triacilgliceróis</i></p> <p><i>Fosfolípidos</i><br/> ↓<br/> <b>Glicero-fosfato</b><br/> <i>Colina</i></p> <p><b>Colesterol</b><br/> <b>AG cadeia curta</b></p> <p><b>Lípidos de origem microbiana</b></p> | <p><i>Proteínas</i><br/> <i>Poli-peptídeos</i><br/> ↓<br/> <i>Peptídeos</i><br/> ↓<br/> <i>Dipeptídeos</i><br/> ↓<br/> <b>Aminoácidos</b></p> <p><b>Proteínas e peptídeos de origem microbiana</b></p> | <p><i>Glucose</i><br/> <i>Frutose</i><br/> <i>Galactose</i><br/> <i>Manose</i><br/> <i>Xilose</i></p> <p><i>Triacilgliceróis</i><br/> <i>Acilgliceróis...</i><br/> <i>Ác. gordos</i></p> <p><i>Aminoácidos</i></p> <p><i>H<sub>2</sub>O e minerais</i></p> <p><i>Vitaminas</i></p> |

<sup>(a)</sup> Nos ruminantes lactantes, a produção de sucos digestivos do ID só se inicia 24 a 65 horas após o seu nascimento.

## 4. DIGESTÃO BIOLÓGICA DOS ALIMENTOS (2º local de digestão)

Nos ruminantes, a digestão biológica ou microbiana também se realiza no intestino grosso, mais precisamente no ceco, através da atividade das enzimas dos microorganismos cecais.

|                  |   | GLÚCIDOS  | LÍPIDOS   | SUBST. AZOTADAS  | Substâncias absorvidas   |
|------------------|---|---|---|--|--|
| Intestino grosso | <b>Enzimas microbianas</b><br>celulasas e hemicelulasas<br>amilases e oligoglucosidasas<br>sacarases, lactases e maltases<br>lipases e fosfolipases<br>proteinases, polipeptidasas e peptidasas | <b>Algum amido (e dextrinas)*</b><br><b>Alguma sacarose, lactose, maltose e glucose*</b><br><i>Celulose* e hemiceluloses*</i><br>↓<br><b>Algumas celulosas e hemiceluloses</b><br><b>Algumas hexoses</b><br>↓<br><b>Ácidos gordos voláteis</b><br>+<br><b>Energia e gases</b> | <b>Alguns triacilgliceróis*</b><br>↓<br><b>Monoacilgliceróis, AG e glicerol</b><br>↓<br><b>Biomassa microbiana</b><br>↓<br><b>Alguns fosfolípidos*</b><br>↓<br><b>Glicero-fosfato</b><br><b>Colina</b><br>↓<br><b>Biomassa microbiana</b> | <b>Algumas proteínas* e polipeptídeos*</b><br><b>Substâncias azotadas não protídicas*</b><br>↓<br><b>Aminoácidos</b><br>↓<br><b>Amoníaco (NH<sub>3</sub>)</b><br>↓<br><b>Aa microbianos</b><br>↓<br><b>Biomassa microbiana</b> | <i>H<sub>2</sub>O</i><br><br><i>Iões (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>...)</i><br><br><i>Minerais</i><br><br><i>Pequenas quantidades de glucose</i><br><br><i>AGV</i> |
|                  |   | ↓<br><b>FORMAÇÃO DAS FEZES</b>  |   |  |  |

\*Estes nutrientes escaparam, em maior ou menor quantidade, ao ataque realizado pelas enzimas dos microorganismos ruminais e do animal nas porções anteriores do tubo digestivo; são esses “restos” da digestão biológica e química que são atacados pelas enzimas microbianas no ceco, além dos glúcidos estruturais ou parietais e das substâncias azotadas não protídicas que escaparam à digestão biológica ruminal.

## BIBLIOGRAFIA:

- Frandsen, R.D.; T.L. Spurgeon (1995). *Anatomia y Fisiologia de los Animales Domésticos*. Interamericana – McGraw-Hill (5ª edición), México.
- Reece, W.O. (2005). *Functional anatomy and physiology of domestic animals*. Lippincott, Williams & Wilkins (3<sup>rd</sup> edition), USA.
- Soltner, D. (1978). *Alimentation des animaux domestiques*. Sciences et Techniques Agricoles (12<sup>e</sup> édition), Angers.
- Swenson, M.J.; W.O. Reece (1993). *Duke's Fisiologia dos animais domésticos*. Guanabara Koogan S.A. (11ª Edição), Rio de Janeiro.
- Van Wyssberghe, D.; C.R. Noback; R. Carola (1995). *Human Anatomy and Physiology*. McGraw-Hill, Inc. (3<sup>rd</sup>. edition), New York.